

**Die Bedeutung der Thermographie  
bei der Beurteilung der primär chronischen  
Polyarthrititis**

**Franz Helge Thalmann**

**1972**







Aus der Orthopädischen Klinik und der Orthopädischen  
Poliklinik der Universität München  
(Direktor: Prof. Dr. A. N. W i t t)

DIE BEDEUTUNG DER THERMOGRAPHIE BEI DER  
BEURTEILUNG DER PRIMÄR CHRONISCHEN POLYARTHRITIS

Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin  
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät  
der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Franz Helge Thalmann

aus

München

1972



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: ...Prof. Dr. Viernstein.....

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Witt.....

Dekan: .....Prof. Dr. Spann.....

Tag der mündlichen Prüfung: ..10.10.1972.....

# INHALTSVERZEICHNIS

|                     |                                                          |    |
|---------------------|----------------------------------------------------------|----|
| I.                  | Einführung .....                                         | 1  |
| II.                 | Literaturübersicht .....                                 | 2  |
| 1.                  | Definition des Begriffs "Therapie" .....                 | 2  |
| 2.                  | Charakteristika der Therapie .....                       | 3  |
| 3.                  | Therapieformen bei PDP .....                             | 4  |
| III.                | Charakteristika der Therapie .....                       | 5  |
| 1.                  | Individuelle - Interventionen .....                      | 5  |
| 2.                  | Psychologische Grundlagen .....                          | 6  |
| 3.                  | Aufbau des Werkes "Systemischer Ansatz" .....            | 7  |
| IV.                 | Interviewingstechnik .....                               | 8  |
| 1.                  | Die Anwendung der Interviewingstechnik .....             | 8  |
| 2.                  | Meinen Eltern gewidmet. ....                             | 9  |
| V.                  | Systemischer Therapieansatz .....                        | 10 |
| VI.                 | Therapieformen bei PDP .....                             | 11 |
| 1.                  | Krankheitsbilder .....                                   | 11 |
| 2.                  | Interventionen bei verschiedenen Krankheitsbildern ..... | 12 |
| 3.                  | Verlaufstadien .....                                     | 13 |
| 4.                  | Verfahrenswahl bei Interventionen .....                  | 14 |
| Therapie .....      | 15                                                       |    |
| VII.                | Diagnostik .....                                         | 17 |
| VIII.               | Erkenntnistheorie .....                                  | 18 |
| Lebensstadien ..... | 19                                                       |    |



## INHALTSVERZEICHNIS

|       |                                                              |    |
|-------|--------------------------------------------------------------|----|
| I.    | Einleitung .....                                             | 1  |
| II.   | Literaturübersicht                                           |    |
| 1.    | Definition des Begriffes Thermographie....                   | 2  |
| 2.    | Geschichte der Thermographie.....                            | 3  |
| 3.    | Thermographie bei PCP.....                                   | 4  |
| III.  | Theoretische Grundlagen                                      |    |
| 1.    | Infrarotbild - Infrarotthermographie.....                    | 6  |
| 2.    | Physikalische Grundlagen .....                               | 7  |
| 3.    | Aufbau des Gerätes "System Barnes" .....                     | 12 |
| IV.   | Untersuchungstechnik                                         |    |
| 1.    | Die Anordnung der Apparatur.....                             | 13 |
| 2.    | Gang der Untersuchung.....                                   | 15 |
| V.    | Normales Thermogramm .....                                   | 16 |
| VI.   | Thermogramm bei PCP                                          |    |
| 1.    | Krankengut .....                                             | 20 |
| 2.    | Untersuchungen bei verschiedenen Krank-<br>heitsstadien..... | 21 |
| 3.    | Verlaufskontrolle .....                                      | 24 |
| 4.    | Verlaufskontrolle bei konservativer<br>Therapie.....         | 25 |
| VII.  | Diskussion.....                                              | 27 |
| VIII. | Zusammenfassung.....                                         | 36 |
|       | Lebenslauf.....                                              | 38 |



## I. EINLEITUNG

Zur Diagnose der progressiv chronischen Polyarthritiden stehen klinische, labortechnische und radiologische Untersuchungsmethoden zur Verfügung, die eine sichere Erkennung in 75 % der Fälle ermöglichen.

Ein Symptom, das bisher nur sehr vage verarbeitet und dokumentiert werden konnte, ist die Hyperthermie der Haut über den befallenen Gelenken. Meistens wurden diese Krankheitszeichen, wenn überhaupt, durch Handauflegen erfaßt.

Im medizinischen Anwendungsbereich ist die Thermographie eine junge, noch nicht einmal 20 Jahre alte Technik. Bisher wurde diese Untersuchungsmethode vornehmlich zur Erkennung des Mammacarcinoms verwendet.

Erst in der letzten Zeit fand die Thermographie Eingang in die Diagnostik orthopädischer Erkrankungen. Diese Arbeit soll die Möglichkeit und Grenzen der Thermographie als zusätzliche diagnostische Methode bei der Beurteilung der progressiv chronischen Polyarthritiden aufzeigen.

## II. LITERATURÜBERSICHT

### 1. Definition des Begriffes 'Thermographie'

WOLFE hat sich in seiner Arbeit um eine genaue Definition des Begriffes 'Thermographie' bemüht. Zurückgehend auf den griechischen Ursprung würde die Übersetzung 'Wärmeschreiber' lauten. Diese Bezeichnung beschreibt aber nicht genau die Arbeitsweise des Gerätes. Bei diesem Verfahren wird weder Hitze noch Temperatur aufgezeichnet, sondern die Intensität und Verteilung infraroter Eigenstrahlung, also die Strahlenemission eines Körpers. Erst von der Intensitätsverteilung der emittierten Strahlen kann auf die Körpertemperatur geschlossen werden. Daher schlug WOLFE die Termini 'infrared radiograph' für das Gerät, 'infrared radiogram' für die bildliche Darstellung und 'infrared radiographic' für die Technik vor.

Trotz dieser präziseren Definition hält man aber immer noch an dem eingebürgerten Begriff 'Thermographie' fest.

## 2. Geschichte der Thermographie

COBET und BRAMIGK zeigten 1924, daß die infrarote Eigenstrahlung der menschlichen Haut auch zur Messung der Hauttemperatur herangezogen werden kann. Sie erkannten und beschrieben die Vorteile, die in der Messung der Strahlenemission gegenüber dem Kontaktverfahren lagen. Für klinische Zwecke gaben sie ein brauchbares Verfahren zur vergleichenden Messung der Wärmestrahlung der menschlichen Haut an. 1934 entwickelte HARDY ein Instrument von sehr viel höherer Empfindlichkeit, das er 'Radiometer' nannte. Wahrscheinlich wegen der zu hohen Kosten der Thermographie-Geräte und der einfacheren und wesentlich billigeren Anwendung der Kontaktsonden konnte sich das von HARDY angegebene Verfahren nicht durchsetzen. Obwohl die Messung der infraroten Strahlen wesentlich genauere Ergebnisse lieferte, nahm man die Ungenauigkeit der Messung der Körpertemperatur mittels Kontaktmethode in Kauf. In seinem Artikel 'A Comparison of Some Methods of Measurement ' geht HARDY auf die Nachteile und Ungenauigkeiten der Kontaktmethode ein. Die Fehler der Kontaktmethode erklären sich folgendermaßen: Die Haut wird lediglich von einem Teil der Sonde berührt, während der andere Teil von der wesentlich kühleren Raumtemperatur beeinflusst wird, oder mit anderen

meist kühleren Flächen in Verbindung steht. Auf diese Weise erklärt es sich, daß die solcherart gemessene Temperatur zwischen der tatsächlichen Hauttemperatur und der Umgebungstemperatur liegt. Mißt man für die Raumtemperatur  $20^{\circ}\text{C}$ , so kann der Fehler bei der Messung der Hauttemperatur zwischen  $1^{\circ}\text{C}$  und  $3^{\circ}\text{C}$  unter dem tatsächlichen Wert der Hauttemperatur liegen. Auch die Größe des Druckes, mit der die Sonde auf die Haut aufgelegt wird, kann unterschiedliche Ergebnisse liefern. Der wesentliche Nachteil aber liegt in der Tatsache, daß man nur die Temperatur eines Punktes auf der Haut messen kann, nicht aber das Wärmebild eines größeren Areals bekommt. LAWSON kommt das Verdienst zu, 1957 die Messung der infraroten Eigenstrahlung wieder als klinische Untersuchungsmethode eingeführt zu haben. Er konnte damit die Möglichkeiten der Diagnosestellung des Mammacarcinoms erweitern.

### 3. Thermographie bei PCP

HENKEL und WATMOUGH gaben 1969 einen Überblick über die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten der Thermographie in der Orthopädie: unter anderem berichten die Autoren über einen Patienten, der eine deutliche Temperaturerhöhung von  $2,5^{\circ}\text{C}$  zeigte und über Schmerzen im oberen Sprunggelenk klagte. Eine später vorgenommene Synovektomie konnte die Diagnose Polyarthritits histologisch sichern.

In einer umfassenden Studie über die Anwendung der Thermographie bei rheumatoider Arthritis hat PEER TISELIUS 71 Patienten untersucht. Bei allen Patienten konnte eine signifikante Temperaturerhöhung in den befallenen Gelenken festgestellt werden. Die Temperaturerhöhung betrug  $2^{\circ}$  bis  $4^{\circ}$  C.

Als Ergänzung anderer Untersuchungsmethoden zur Diagnose rheumatischer Erkrankungen sehen KOOB und SCHLEGEL die Thermographie. Sie sind aufgrund ihrer bisherigen Forschungen überzeugt, daß die Thermographie als funktionelle Untersuchungsmethode im diagnostischen Bereich und zur Objektivierung der Therapie eine wesentliche Bereicherung vorhandener Untersuchungsmethoden darstellt.

Auch die Autoren VIITANEN und LAAKSÖNEN berichten in ihrer Arbeit über thermographische Untersuchungen an Jugendlichen, die an rheumatoider Arthritis erkrankt waren. Die befallenen Gelenke zeigten eine deutliche Temperaturerhöhung.

### III. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

#### 1. Infrarotbild - Infrarotthermographie

Durch die Entdeckungen des Astronomen Sir WILLIAM HERSCHEL und seines Sohnes Sir J. F. W. HERSCHEL ist die Existenz infraroter Strahlen seit dem Jahre 1800 bekannt. Vor allem die Flugzeug- und Raumfahrtstechnik fand das Interesse an der Verwendung infraroter Strahlung für telemetrische Temperaturmessungen. So wurden Geräte konstruiert, die bei geeigneter Wahl von Detektoren die infrarote Strahlung registrieren und messen konnten. Die Meßergebnisse wurden als sogenanntes Wärmebild auf einer photographischen Platte zur Darstellung gebracht. Ein solches Bild darf nicht mit sogenannten Infrarotbildern verwechselt werden, die man mit jeder beliebigen, konventionellen Kamera anfertigen kann, wenn man Filter benutzt, die das sichtbare Licht eliminieren.

Zur Herstellung eines solchen 'Wärmebildes' ist weder Kontakt mit dem Objekt noch dessen Beleuchtung notwendig. Auch spielt die Art der Oberfläche des Objektes für die Aufnahme keine Rolle. So ergeben sich die Vorzüge, daß man auf größere Distanzen und unabhängig von der Helligkeit der Umgebung arbeiten kann.

## 2. Physikalische Grundlagen

Ein jeder Körper mit einer Temperatur, die oberhalb des absoluten Nullpunktes ( $0^{\circ}\text{K} = -273^{\circ}\text{C}$ ) liegt, sendet infrarote Eigenstrahlen aus. Die Wellenlänge dieser Strahlen ist größer als die des sichtbaren Lichtes. Man nennt diese Art der Wärmeabgabe Wärmestrahlung oder 'Emission'.

Dabei ist weder Kontakt mit einem anderen Körper, wie bei der Wärmeleitung, noch ein flüssiges oder gasförmiges Medium, wie bei der Wärmeströmung (Konvektion), nötig. Die Wärmestrahlen sind elektromagnetische Wellen, die durch Wärme entstehen. Da sie nicht an Materie gebunden sind, wie die Wärmeströmung oder Wärmeleitung, gehen sie auch durch das Vakuum durch. Die abgegebene Wärmestrahlung (Emission) eines Körpers ist die bei der Thermographie meßbare Größe.

Grundlage für die Möglichkeit, die Temperatur der menschlichen Haut durch Strahlenemission zu messen, bildet die Theorie vom 'physikalisch schwarzen Körper'. Unter einem physikalisch schwarzen Körper versteht man einen theoretischen Körper, der im Idealfall ebenso leicht Strahlung aufnimmt wie abgibt. Im Jahre 1900 gelang MAX PLANCK aufgrund der Vorstellung einer quantenhaften Strahlungsstruktur die Berechnung der Strahlungsintensität einer solchen Schwarzkörperstrahlung.

Hierfür ist es aber notwendig zu wissen, daß die menschliche Haut auch tatsächlich Strahlung wie ein physikalisch schwarzer Körper emittiert.

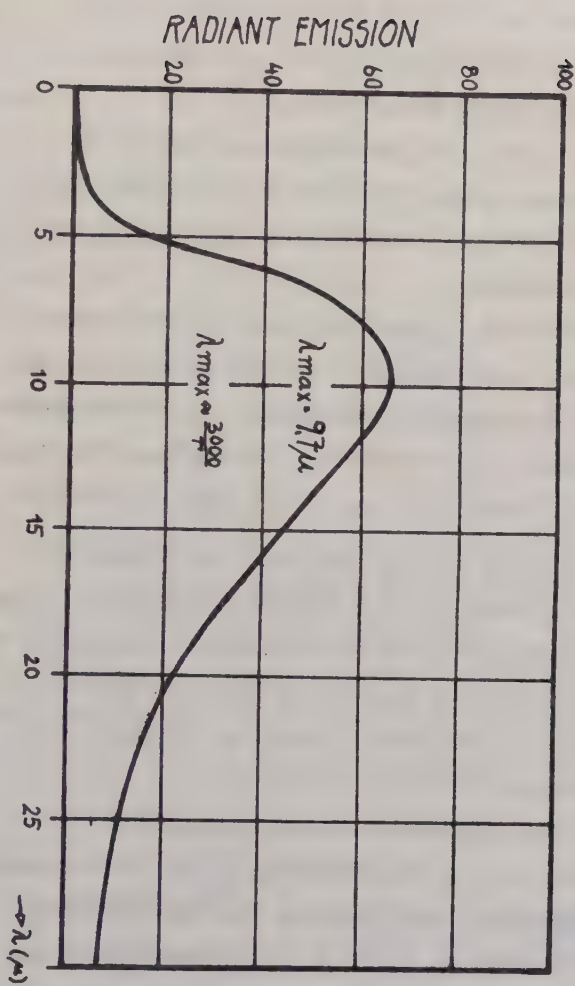
Die Autoren BÜTTNER, KRÖBEL und andere, in letzter Zeit auch BUCHMÜLLER, haben durch eigene Messungen nachgewiesen, daß praktisch alle Körperstellen - mit Ausnahme von Schwielen - diese Art von Strahlen emittieren. BUCHMÜLLER hat, um diesen Beweis zu liefern, die Strahlen der menschlichen Haut mit denen eines konstruierten, physikalisch schwarzen Körpers verglichen. Innerhalb der Meßgenauigkeit hat BUCHMÜLLER völlige Übereinstimmung festgestellt. Auf dieser Erkenntnis basierend kann man davon ausgehen, daß die menschliche Haut für den Bereich, in dem die Temperatur schwanken kann, alle auffallende Strahlung absorbiert. Daher kann auch die Haut als Quelle für eine Strahlung im Sinne des PLANCK'schen Strahlungsgesetzes angesehen werden:

$$1.) \quad Q_{\lambda} = C_1 \epsilon_{\lambda} \cdot \lambda^{-5} \cdot (\exp. C_2 \lambda T - 1)$$

$C_1$  und  $C_2$  stellen in dieser Gleichung Konstanten dar.

$\epsilon_{\lambda}$  bezieht sich auf die Emissivität der Haut bei der Wellenlänge  $\lambda$ . Wird die Gleichung integriert, so findet man die Gesamtenergie für ein für alle Wellenlängen empfindliches Gerät. Voraussetzung dafür ist die Bedingung, daß  $\epsilon$  von der Temperatur unabhängig ist.

# EMISSION BY A BLACKBODY AT 300°K



Die Erfassung und Messung der Strahlungsenergie, die die menschliche Haut emittiert, bildet die Grundlage der Infrarotthermographie.

In der Abb. 1 wird die Intensitätsverteilung der Strahlung eines schwarzen Körpers als Funktion der Wellenlänge nach dem PLANCK'schen Strahlungsgesetz graphisch dargestellt.

Aus der Abbildung 1 ist zu ersehen, daß die Wärmestrahlung der menschlichen Haut ganz im Bereich des infraroten Strahlungsgebietes liegt, mit einer Wellenlänge zwischen  $3\text{ }\mu$  bis  $30\text{ }\mu$ , wobei man das Maximum bei der Wellenlänge  $9,7\text{ }\mu$ , also rund  $10\text{ }\mu$  findet.

Diese Wellenlänge beträgt ungefähr das 20fache des sichtbaren Lichtes, d. h., daß die Lichtquanten dieser Wärmestrahlung lediglich ein Zwanzigstel der Energie der Lichtquanten des sichtbaren Lichtes besitzen.

Mithin dürfte diese Energie nicht ausreichen, eine photographische Platte zu schwärzen.

Es sind deshalb spezielle Infrarotdetektoren entwickelt worden, die die Strahlung in ein elektrisches Signal verwandeln. Sie bestehen aus Indiumantimonit für eine Wellenlänge bis  $6\text{ }\mu$ . Indiumantimonit hat weitgehend Zellen aus Tellur, Bleiselenid, Bleitellurid und golddotiertes Germanium verdrängt.

Die Signale, die der Detektor aufnimmt, lassen sich

elektronisch verstärken und somit anzeigen. Um ein Wärmebild zu erhalten, muß die zu untersuchende Körperregion Punkt für Punkt optisch abgetastet, das Detektorsignal passend verarbeitet und zu einem Bild wieder zusammengefügt werden.

BECKMANN hat in seiner Arbeit die Leistungsfähigkeit eines derartigen Systems untersucht. Er hat die Größen, die ein thermographisches System charakterisieren, in drei wesentliche Gruppen zusammengefaßt:

- 1) Die Betriebsdaten: Auflösung und Abtastzeit eines Bildes
- 2) Die Größen, die mit der spektralen Empfindlichkeit des Detektors zusammenhängen
- 3) Die optischen Daten des Gerätes.

Diese Faktoren, die dazu beitragen, die Qualitäten eines Wärmebildes zu bestimmen, stehen nach BECKMANN in folgendem mathematischen Zusammenhang:

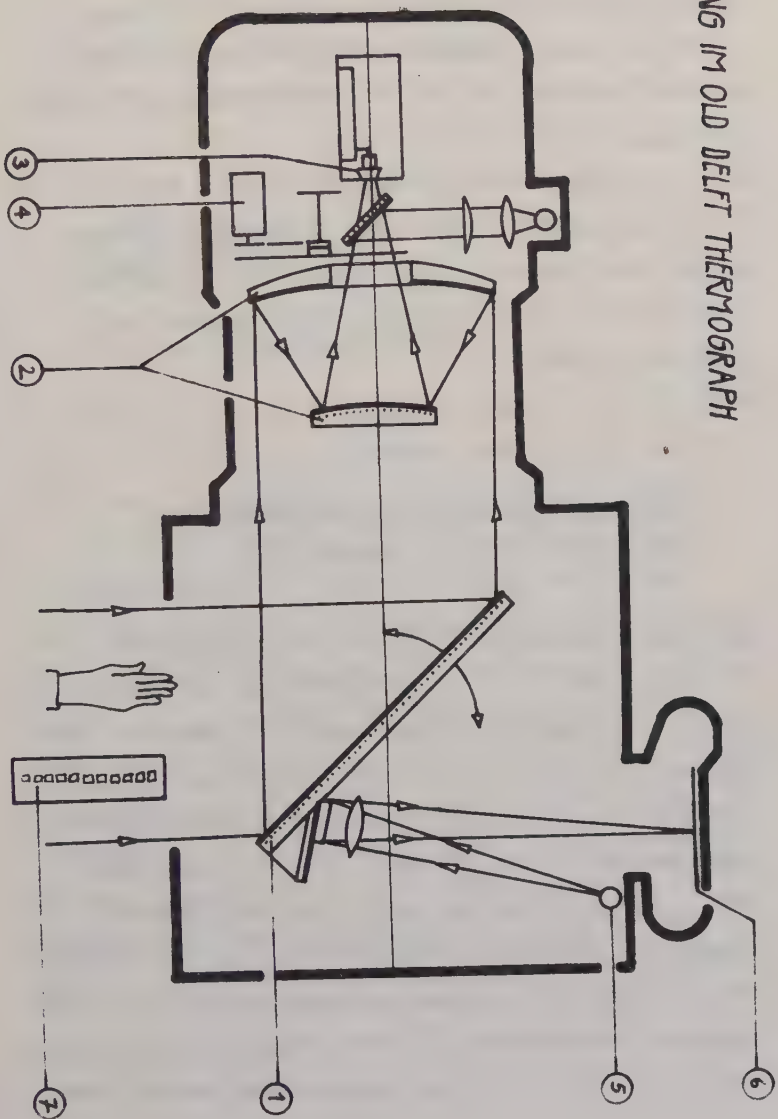
$$2) \frac{AT \cdot \sqrt{t - t_0}}{n} = \frac{1}{D_p^* \cdot \text{Neff} \cdot dV} \cdot \frac{f}{\sqrt{2} \cdot B \cdot p \cdot A_0}$$

- ATäq : rauschäquivalente Temperaturdifferenz  
n : Zahl der Bildpunkte  
t : Aufnahmedauer für ein Bild  
t o : Totzeit (Rücklaufzeit des Abtastspiegels etc.)  
D\*p : Gütezahl (Detektivität) des Infrarotdetektors  
Neff : effektive Strahlungsdichte, Radianz des Objektes  
V : relative Änderung der effektiven Strahlung  
pro Grad Temperaturänderung  
f : Brennweite der Optik  
B : Bild-Raumwinkel  
p : Wirkungsgrad der Optik und der Elektronik  
A o : Eintrittsapertur der Optik

Will man ein Wärmebild von möglichst hoher Qualität bekommen, so muß der Ausdruck auf der rechten Seite der Gleichung möglichst klein sein. Das bedeutet, daß zwischen der Temporaturauflösung, der Zahl der Bildpunkte und der Abtastzeit ein Kompromiß gewählt werden muß. Da die Zeit mit der Wurzel in die Gleichung eingeht, muß unter sonst gleichen Bedingungen viermal soviel Zeit aufgewendet werden, um ein Bild mit doppelt sovielen Bildpunkten zu erreichen.

Der Thermograph, der sich in der Orthopädischen Universitätsklinik München befindet, stammt von der Firma

# STRAHLENGANG IM OLD DELFT THERMOGRAPH



"Barnes Engineering Company, Stanford, Conn."

Das System Barnes trägt den oben kurz umrissenen Faktoren Rechnung und ist in Übereinstimmung mit der Gleichung(2) konstruiert worden.

Mit einer Temperaturauflösung von  $0,08^{\circ}$  C bei etwa 60 000 Bildpunkten liefert der Thermograph "Wärmebilder" von besonders hoher Qualität. Das Ergebnis tröstet über die relativ lange Aufnahmedauer von 4 Minuten hinweg.

### 3. Aufbau des Gerätes "System Barnes"

(Vergleiche hierzu Abbildung 2)

Mit einem Planspiegel (1) wird ein Bildfeld von  $20^{\circ}$  Breite und  $10^{\circ}$  Höhe abgetastet und die Strahlung von dort auf den Kollimatorspiegel (2) geworfen. Der Kollimatorspiegel fokussiert die Strahlung auf den Detektor (3). Um an dem Detektor eine Wechselspannung entstehen zu lassen, die sich leichter verstärken läßt, wird die Strahlung durch einen rotierenden Chopper (4) periodisch unterbrochen. Das verstärkte und gleichgerichtete Signal gelangt nun an eine Glühlampe mit Hohlkathode (5), deren Helligkeit sich im Takt mit den einfallenden Wärmestrahlen ändert. Der

Abtastspiegel (6) lenkt die Strahlung der Lampe auf einen Polaroidfilm (7) und schreibt damit Linie für Linie das Wärmebild.

#### IV. UNTERSUCHUNGSTECHNIK

##### 1. Die Anordnung der Apparatur

Die Untersuchung wird in einem gleichmäßig klimatisierten Raum von 18 - 20° C durchgeführt. Dadurch soll eine Verfälschung der Temperaturmessung verhindert werden, die sich bei Wärmeverlust durch Perspiration ergibt. Der Patient liegt entkleidet auf einer beweglichen Bahre. Direkt über ihm, im Abstand von 50 cm, befindet sich ein großer Umkehrspiegel. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß der Patient im Liegen untersucht werden kann. Somit wird eine mögliche Eigenbewegung des Patienten weitgehend ausgeschlossen und die relativ lange Aufnahmedauer von 4 Minuten leichter ertragen. Bewegt sich der Patient, so wird das Ergebnis verzerrte Bilder sein, die Temperaturpunkte sind dann nicht mehr genau auf den zutreffenden Körperteil lokalisierbar.

Neben den zu untersuchenden Körperpartien des Patienten wird eine thermische Grauskala aufgestellt. Dieses Gerät hat 10 kleine quadratische Flächen von genau bekannten Temperaturen, nämlich von  $20^{\circ}$  C bis  $40^{\circ}$  C, je nach Einstellung der Sensivity. Die Temperaturskala erscheint auf dem Wärmebild und kann als Eichwert für den Photokomperator benutzt werden. Im Thermogramm lassen sich damit absolute Temperaturmessungen durchführen. Der Photokomperator wandelt ~~die Hell-Dunkel-Schattierungen~~ wieder in Temperaturwerte um.

Der Thermograph steht auf einem durch Rollen beweglichen Stativ. Dadurch wird der Abstand vom Patienten variabel. Je näher der Thermograph am Objekt steht, desto kleiner ist das Feld, das vom Suchstrahl abgetastet wird. So hat sich bei uns für die Untersuchung der Beine ein Abstand von 1,50 m bis 2 m, für die Hände aber eine Distanz von 0,50 m bewährt. An den Thermographen ist ein Kathodenstrahloszillograph angeschlossen. Dieses Gerät überträgt die elektronischen Impulse auf eine Mattscheibe, auf der sofort die Temperaturveränderungen sichtbar gemacht werden. Der Kathodenstrahloszillograph ermöglicht so die optimale Einstellung zwischen der Empfindlichkeit (Sensitivity) und dem Kurvenmaßstab (brightness).

## 2. Gang der Untersuchung

Entkleidet legt sich der Patient auf den Untersuchungswagen. Je nach Größe des zu untersuchenden Körperteils werden der Thermograph und der Untersuchungswagen so lange gegeneinander verschoben, bis das zu untersuchende Areal größtmöglich im Thermogramm dargestellt werden kann. Damit die Fehlermöglichkeiten weitgehend gering gehalten werden, soll sich der Patient in einer Anpassungszeit von mindestens 10 Minuten an die Raumtemperatur und die ungewohnte Umgebung akklimatisieren. Während dieser Zeit werden Temperaturminima und -maxima abgetastet und der Thermograph entsprechend geeicht. Die in der "Akklimatisationszeit" versuchsweise durchgeführten Aufnahmen haben gezeigt, daß sich das Thermogramm noch laufend verändert und erst nach einer Zeit von 10 Minuten konstant bleibt. Kurz vor der Aufnahme wird deshalb die Eichung des Thermographen überprüft und eventuell neu eingestellt. Im Verlaufe der Anpassungszeit haben sich die psychischen Alterationen des Patienten, die eventuell zu einer vasomotorischen Beeinflussung führen könnten, normalisiert. Gleichzeitig kann eine Anamnese vom Patienten erhoben werden. Nach Ablauf der Akkli-

matisation des Patienten und nach optimaler Einstellung des Thermographen wird ein Polaroidfilm in die Kasette der Infrarotkamera eingelegt. Das Gerät ist in diesem Augenblick aufnahmebereit. Die nun folgende Aufnahme dauert 4 Minuten. Ist diese Zeit abgelaufen, kann der Film aus der Kasette entfernt werden. Bei diesem Vorgang wird gleichzeitig automatisch Entwicklerflüssigkeit auf den Film aufgetragen. Nach weiteren 15 Sekunden ist der Film entwickelt. Nach der Fixation kann das fertige Thermogramm beurteilt und ausgewertet werden.

#### V. NORMALES THERMOGRAMM

Um ein Bild über die normale thermographische Struktur der Extremitäten zu bekommen, wurden 50 gesunde Versuchspersonen thermographisch untersucht.

Wenn man ein Thermogramm guter Qualität bekommen will, muß ein günstiger mittlerer Eichwert gewählt werden, damit die sowohl sehr heißen wie auch sehr kalten Zonen zur Darstellung kommen. Wie die Versuchsaufnahmen gezeigt haben, werden die warmen Zonen von den muskulären Anteilen der Extremitäten dargestellt.

Die Gelenke jedoch, die praktisch frei von Muskeln sind, liegen in der thermischen Ausstrahlungskraft und damit in der vom Muskelkern abhängigen Hauttemperatur wesentlich unter dem Temperaturniveau der gesamten Extremität. Die Gelenke stellen sich im Thermogramm als deutlich hypotherme Zonen dar.

An einem Thermogramm einer gesunden Versuchsperson sei diese Beobachtung am Beispiel der unteren Extremität erläutert:

Die Konturen der unteren Extremität sind deutlich als Hell-Dunkel-Schattierungen zu erkennen. Der Oberschenkel stellt sich in einer marmorierten Graustruktur dar. Diese Struktur könnte man mit dem Erscheinungsbild vergleichen, das sich vom Oberschenkel dann ergibt, wenn eine Versuchsperson aus einem sehr heißen Bad steigt. Die Haut ist von sehr unregelmäßigen, hyperämischen Linien durchzogen, die eine weißliche, manchmal sechseckig erscheinende, etwa zweimarkstückgroße Fläche umschließen. Diese Struktur entspricht wahrscheinlich dem oberflächlichen Hautvenengeflecht und ist von der Fettverteilung abhängig. So finden wir bei weiblichen Versuchspersonen die marmorierte Struktur weit deutlicher als bei männlichen Versuchspersonen. Das gesunde Kniegelenk kommt in einem schwarzen Oval zur Darstellung, also einem Bereich großer Hypothermie.

Daran schließt sich wieder eine warme Zone an, die unschwer als Wade zu erkennen ist. Bei den meisten Versuchspersonen waren die Thermogramme des Unterschenkels nicht ganz symmetrisch. Die Erklärung liegt darin, daß das eine Bein größeren Belastungen und damit einer relativ größeren Durchblutung als Sprunggelenk ausgesetzt ist. Das Sprunggelenk wird wieder als hypotherme Zone abgebildet. Auf dem Thermogramm ist es als Zone sehr dunkler Schattierungen zu erkennen.

Analog stellt sich die obere Extremität dar. Allerdings sind hier die Hände und Finger deutlicher zu sehen als die entsprechenden Bereiche am Fuß. Dies liegt nicht nur an der niedrigeren mittleren Hauttemperatur des Fußes, sondern auch an der Aufnahmetechnik: Die Hände werden sagittal vom Suchstrahl getroffen, die Füße jedoch durch die rechtwinkelige Abknickung im Sprunggelenk longitudinal. Daher ist es häufig erforderlich, vom Fuß und von den Zehen gesonderte Aufnahmen anzufertigen.

Aus der Beurteilung der Normalaufnahmen geht hervor, daß es im Bereich der Extremitäten physiologischerweise kalte und warme Zonen gibt. Die kalten Zonen entsprechen den Gelenken. Die Hauttemperatur liegt

ganz deutlich unter dem Temperaturniveau des Körpers. Eine heiße Zone oder "hot spot", im Bereich des Gelenkes, würde also auf jeden Fall für einen pathologischen Prozeß sprechen.

Temperaturerhöhung im Gelenkbereich finden sich bei akuten Hyperämien der Synovialis und bei seröser oder serofibrinöser Exudation in die Gelenkhöhle. Ferner stellen sich reaktive Hyperämien als Folge traumatischer Schädigung der Gelenke durch "hot spots" dar. 120 thermographische Aufnahmen von traumatischen Kniegelenkserkrankungen konnten beweisen, daß bei Bänderzerrungen, Bänderrissen, Kapselzerrungen, Meniskuläsionen und Distorsionen stets heiße Zonen im Wärmebild auftraten (PSCHORR).

Eine Vielfalt von Erkrankungen haben also im Thermogramm das gleiche Substrat. Aus der Temperaturerhöhung allein kann also nicht ohne weiteres auf die Art der Erkrankung geschlossen werden. Mit anderen Worten: Das Thermogramm gibt keinen artspezifischen Hinweis. Im Verein mit anderen Symptomen kann es aber zur diagnostischen Abklärung beitragen.

## VI. THERMOGRAMM BEI PCP

### 1. Krankengut

Aus dem ambulanten und stationären Krankengut der Orthopädischen Universitätsklinik München wurden 40 Patienten ausgewählt, die an progressiv chronisch-schwer Polyarthrititis litten. Unter den Patienten befanden sich 17 männlichen und 23 weiblichen Geschlechts. Die Diagnose konnte in 30 Fällen pathologisch-histologisch durch Gewebsentnahme gesichert werden. Bei 10 Patienten war das klinisch und rheumaserologische Erscheinungsbild so eindeutig, daß an der Diagnose kein Zweifel bestand. In 80 % der untersuchten Fälle konnten positive rheumaserologische Befunde erhoben werden. Das entspricht einer Anzahl von 32 Patienten. 8 Patienten zeigten keine auffälligen Abweichungen von den Normwerten der Rheumaserologie. Bei diesen Patienten entschloß man sich zu einer Probe-excision von Synovia aus den befallenen Gelenken. Die pathologisch-histologische Untersuchung konnte die klinische Verdachtsdiagnose sichern.

In der Häufigkeit der befallenen Gelenke standen die kleinen Gelenke wie Finger- und Zehengelenke mit 24

untersuchten Fällen an der Spitze. Das Kniegelenk war in 22 der untersuchten Fälle betroffen. Das Sprunggelenk gelangte viermal, das Ellenbogengelenk dreimal zur thermographischen Aufnahme. Diese Summe von 53 untersuchten Fällen erklärt sich daraus, daß bei 13 Patienten ein generalisierter Befall der Extremitätengelenke zu beobachten war.

## 2. Untersuchungen bei verschiedenen Krankheitsstadien

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 40 Patienten untersucht, die den Stadien I - II - III angehörten. Die Stadieneinteilung erfolgte in Anlehnung an SCHUPP 1963, FÄHNDRICH und STEINBROCKER.

Die Patienten klagten am häufigsten über Morgensteifigkeit und Schmerzen, Paraesthesien und Schwellungsgefühl sowie über Bewegungseinschränkung bis zur völligen Unbeweglichkeit der Gelenke.

Parallel zur klinischen Symptomatik beobachteten wir den Verlauf der Laborwerte. Hierbei wurde insbesondere der Blutsenkungsgeschwindigkeit und dem C-reaktiven Protein Aufmerksamkeit geschenkt. Diese beiden unspezifischen Labormethoden sind sehr empfindliche Reaktionen,

die eine Schubsituation rechtzeitig erkennen und einschätzen lassen.

Bei einem Vergleich der klinischen Symptomatik, der labortechnischen Untersuchungen und der thermographischen Befunde konnten wir feststellen, daß alle 40 Patienten einen positiven thermographischen Befund zeigten.

15 Patienten zeigten in der klinischen Symptomatik teilweise unspezifische Erscheinungen, die BKS war mäßig beschleunigt (bei Werten von 20 - 30 mm in der ersten Stunde) und das C-reaktive Protein fiel in 50 % der Fälle deutlich positiv aus. Auf dem Thermogramm konnten in allen Fällen ein positiver Befund in den Gelenken gefunden werden, über die die Patienten Beschwerden führten. Die Temperaturerhöhung lag durchschnittlich im Bereich von  $2,5^{\circ}$  bis  $3^{\circ}$  C.

Wir beobachteten weiterhin 20 Patienten, die mit sehr akut einsetzenden Schmerzen, Gelenkschwellung und Rötung und beträchtlicher Steifigkeit zur Untersuchung kamen. Diese Patienten zeigten eine Beschleunigung der Blutkörperchen-Senkungsgeschwindigkeit um durchschnittlich 40 - 80 mm in der ersten Stunde. Das C-reaktive Protein fiel in 75 % der untersuchten Fälle positiv aus.

Hier zeigte das Thermogramm deutliche Temperaturerhöhung über den befallenen Gelenken von durchschnitt-

lich  $3,5^{\circ}$  C. Der niedrigste Wert lag bei  $2,5^{\circ}$ , der höchste bei  $4^{\circ}$  C.

SEIDEL gibt diese durchschnittlichen Befunde der BKS und des C-reaktiven Proteins als gute Parameter zur Abschätzung der Schubsituation an. Unter dem Eindruck der akuten klinischen Symptomatik, der sicher pathologischen Laborwerte und den eindeutigen positiven thermographischen Befunden kann man in diesen 20 Fällen von einem akuten Schub der Erkrankung sprechen.

5 Patienten kamen zur Untersuchung, die nur über sehr diffuse Beschwerden klagten. Die Senkungsgeschwindigkeit war in diesen Fällen grenzwertig. Bei 2 Patienten konnten wir einen positiven Ausfall des C-reaktiven Proteins feststellen. Das Thermogramm zeigte in den untersuchten Gelenken mäßig bis deutlich positive Ergebnisse, im Vergleich zur Gegenseite. In einem Beobachtungszeitraum von etwa 4 Monaten nahm die Hyperthermie in allen Fällen deutlich zu. Mit einer gewissen Latenzzeit bewegte sich die Blutsenkungsgeschwindigkeit in deutlich pathologische Werte. Das C-reaktive Protein wurde in allen Fällen positiv. Zu diesem Zeitpunkt klagten auch alle Patienten über erheblich zunehmende Beschwerden.

In diesen Fällen konnten bereits im Thermogramm positive Befunde erhoben werden, als die anderen Befunde zumindest noch grenzwertig waren.

### 3. Verlaufskontrolle

Bei 20 Patienten nahm man als Therapie eine Synovektomie vor. Diese Patienten wurden unmittelbar vor der Operation thermographiert. Bei allen untersuchten Fällen konnte präoperativ ein positiver thermographischer Befund im Sinne einer Hyperthermie erhoben werden. Frühestens 2 - 6 Monate, spätestens aber ein Jahr nach dem operativen Eingriff, wurden diese Patienten nachuntersucht. Bei diesen Kontrolluntersuchungen konnte folgendes festgestellt werden: Bei 16 Fällen zeigte sich eine deutliche Temperaturabnahme in den operierten Gelenken. Bei einem dieser Fälle blieb die Temperaturabnahme in dem operierten Kniegelenk auch dann bestehen, als ein erneuter Erkrankungsschub vermutet werden mußte. Denn das thermographische Bild der Kontrolluntersuchung zeigte im Kniegelenk des linken, nicht operierten Beines eine deutliche Temperaturerhöhung. Dieser Befund konnte bei der ersten Aufnahme nicht erhoben werden. Subjektiv bestand eine erhebliche Schmerzhaftigkeit und dadurch bedingte Bewegungseinschränkung im Vordergrund. Eine erfolgte Frühsynovektomie konnte einen akuten Entzündungsschub in der histologischen Untersuchung bestätigen.

Zwei der nachuntersuchten Fälle zeigten nur eine mäßige Temperatursenkung im Vergleich zur praeoperativen Aufnahme. Die nur geringfügige Temperaturabnahme in den betroffenen Gelenken ging auch mit subjektiven Klagen einher. So mußte bei einem Patienten das Gelenk mehrmals wegen rezidivierender Ergüsse punktiert werden. In diesem Fall wurde der Verdacht erhoben, daß die Synovektomie nicht radikal genug durchgeführt worden war. Bei zwei der nachuntersuchten Fälle konnte keine Temperaturabnahme in den operierten Gelenken festgestellt werden, obwohl die Patienten beschwerdefrei waren.

#### 4. Verlaufskontrolle bei konservativer Therapie

Im gleichen Beobachtungszeitraum kamen 18 Patienten zur Untersuchung, die bei der Erstaufnahme deutliche hypertherme Areale im Wärmebild zeigten. Die befallenen Gelenke führten bei den Patienten zu erheblichen subjektiven Beschwerden. Man behandelte diese Patienten mit Cortison, Butazolidin und hochdosierten Antipyretika. Alle Patienten wurden innerhalb von 6 Monaten bis zu eineinhalb Jahren thermographisch nachuntersucht. Bei diesen Nachuntersuchungen zeigten 9 Thermogramme eine

deutliche Temperaturabnahme in den betroffenen Gelenken. Hier konnte auch eine weitgehende Beschwerdefreiheit verzeichnet werden.

In 9 Fällen war die Änderung im thermographischen Bild nicht sehr erheblich, so daß man nahezu von gleichbleibenden Befunden sprechen konnte. Diese Patienten klagten auch über wechselnde Beschwerden; bei den meisten trat nie eine völlige Schmerzfreiheit ein.

Im gleichen Untersuchungszeitraum gelangte ein Patient zur thermographischen Untersuchung, der über erhebliche Schmerzen und Bewegungseinschränkungen in beiden Sprunggelenken berichtete. Durch Probeexcision und anschließende pathologisch-histologische Untersuchung konnte die Diagnose progressiv-chronische Polyarthrititis bestätigt werden. Das Thermogramm zeigte in den Sprunggelenken deutlich hypertherme Areale. In einer auswärtigen Klinik wurde eine Goldkur durchgeführt. Drei Monate nach Ablauf der letzten Injektion wurde ein Kontrollthermogramm angefertigt. Auf diesem Thermogramm waren im Bereich des rechten Sprunggelenks die "hot spots" verschwunden, so daß sich diese Zone deutlich hypotherm zeigte. In diesem Sprunggelenk konnte thermographisch unter der Therapie eine signifikante Temperaturabnahme verzeichnet werden. Im Bereich des linken Sprunggelenkes

konnte man noch eine geringfügig hypertherme Zone beobachten, die in das Gebiet des medialen Malleolus lokalisiert werden konnte. Außer über eine zeitweilige geringe Schwellung klagte der Patient auch in diesem Gelenk über keine Schmerzen.

## VII. DISKUSSION

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungen zeigen, daß die progressiv chronische Polyarthrititis im akuten Stadium mit einer eindeutigen Temperaturerhöhung im befallenen Gelenk einhergeht. Dies läßt sich im thermographischen Bild objektivieren. Diese Beobachtungen stehen im Einklang mit Feststellungen anderer Autoren. PER TISELIUS hat in seinen Untersuchungen über die rheumatoide Arthritis signifikante Temperatursteigerung in den erkrankten Gelenken registriert.

Ebenso beobachteten KOOB und SCHLEGEL in ähnlich angelegten Versuchen eine deutliche Temperaturerhöhung.

Auch die Autoren VIITANEN UND LAAKSON beschrieben eine deutliche Hyperthermie in den pcP erkrankten

Gelenken. Damit dürften die Untersuchungen im Einklang mit den Ergebnissen der in der Literatur beschriebenen Beobachtung stehen: Die primär chronische Polyarthritidis stellt sich im thermographischen Bild durch eine deutliche Temperatursteigerung in den befallenen Gelenken dar. Dieses trifft insbesondere für das akute Stadium zu, bei dem eine deutliche signifikante Temperatursteigerung festzustellen war.

Über die genauen Ursachen dieses Phänomens kann man zur Zeit keine verbindlichen Aussagen machen. In der Literatur wird die Temperaturverteilung und die damit unterschiedliche Zeichnung im thermographischen Bild im wesentlichen dem Grad der Durchblutung der betreffenden Extremität zugeschrieben. Dies ist sicherlich auch nach eigenen Beobachtungen und zumindest für die muskulären Anteile der Extremität der Fall. Der Ausfall oder die Funktionseinschränkung eines versorgenden Gefäßgebietes führt zu deutlichen thermographischen Befunden. Ebenso sind neurologische Ausfälle im Thermogramm zu erkennen. Die dadurch bedingte Inaktivitätsatrophie führt zu einem verminderten Energiebedarf, der sich für das betroffene Gebiet in einer Minderdurchblutung auswirkt.

Wie unsere Untersuchungen an gesunden Versuchspersonen gezeigt haben, kann auch das normale Thermogramm deutliche Temperaturdifferenzen zwischen den symmetrisch abgebildeten Extremitäten zeigen. So zeichnet sich das stärker belastete Bein - das sogenannte Sprungbein - in vielen Fällen etwas wärmer ab. Man könnte dies mit einer größeren trophischen Leistung des Gefäßapparates in Anpassung an den relativ höheren Stoffwechsel erklären. Auf die Temperaturerhöhung des Gelenkes im Zusammenhang mit der physikalischen Belastung der benachbarten Muskelgruppe hat HARRIS 1963 hingewiesen. Er beobachtete, daß die Clearance radioaktivmarkierten Natriums im Kniegelenk in signifikanter Abhängigkeit vom Trainingszustand der Muskeln stand. Die erhöhte Clearance ist ein Indikator für eine vermehrte Blutzirkulation, die sich auch auf die von Synovia umgebene Gelenkhöhle auswirkt.

In diesem Zusammenhang ist auch zu beachten, welche Funktion das Maß der Durchblutung und die Raumtemperatur für die Temperatur der Extremität hat. Dieses Phänomen haben RAZGHA und ZSELYONKA 1942 untersucht. Danach geht eine stärkere Durchblutung nicht in allen Fällen auch mit einer höheren Temperatur einher. Die Messungen, die die beiden genannten Autoren durchführten, ergaben

am Handrücken - bei einer Raumtemperatur von  $22,5^{\circ}\text{C}$  - eine Temperatur von  $31,3^{\circ}\text{C}$ . Die Temperatur der Finger lag bei  $29,6^{\circ}\text{C}$ . Unter Berücksichtigung der **relativen** Oberflächengröße beider Gebiete läßt sich errechnen, daß der Finger doppelt so stark durchblutet sein muß, damit die gefundenen Temperaturen möglich werden. Durch umfangreiche Messungen hat ASCHOFF nachgewiesen, daß erst bei Raumtemperaturen unter  $21^{\circ}\text{C}$  die Temperaturen der Hand und die des Raumes annähernd zusammenfallen. Die Durchblutung ist dann gleichbleibend klein.

Diesen Beobachtungen muß man bei thermographischen Untersuchungen Rechnung tragen, will man nicht falsche Ergebnisse erzielen. Denn bei physiologischen Temperaturschwankungen von  $2 - 3^{\circ}\text{C}$ , der eine Meßgenauigkeit von  $0,08^{\circ}\text{C}$  gegenübersteht, ist die diagnostische Aussagekraft bei nicht genau ausgeloteten Raumtemperaturen von großer Fragwürdigkeit. Wir haben deshalb in einem gleichmäßig klimatisierten Raum von  $19^{\circ}\text{C}$  gearbeitet, um die vasomotorische Temperaturregelung möglichst klein zu halten.

Die in den letzten Jahren durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, daß die Gelenksymptome Schmerz, Rötung, Überwärmung durch peptidartige Stoffe hervorgerufen werden, die man als Kinine bezeichnet. Diese Substanzen

sind in der Lage, schon in kleinsten Mengen zu außerordentlich starken Reaktionen zu führen. Die Kinine entstehen durch Freisetzung proteolytischer Enzyme. Sie steigern ähnlich wie das Histamin die Gefäßpermeabilität. Wahrscheinlich erhöht Bradykinin wie Histamin die Gefäßdurchlässigkeit indirekt, das heißt, hämodynamisch. Die Steigerung der Gefäßdurchlässigkeit ist als Folge von Änderung der Mikrozirkulation anzusehen, die durch das Einwirken der Kinine auf kontraktile Elemente von prä- oder postkapillären Sphinkteren zustandekommt. Die Arteriolen werden erweitert, die Venolen verengt.

BRANEMARK und NILSSON gaben 1969 zu bedenken, daß das biologische Phänomen der Hyperthermie multifaktoriellen Ursprunges sein muß. So sind bei der Entstehung der Hyperthermie im wesentlichen folgende Faktoren beteiligt:

- 1) das Durchblutungsmaß
- 2) lokale biochemische Prozesse, deren genaue pathophysiologische Abläufe uns noch nicht bekannt sind.

Ob es erlaubt ist, aus dem Grad der Hyperthermie quantitativ Rückschlüsse auf die Pathogenität der gestörten lokalen Stoffwechselvorgänge zu ziehen, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden. Ein Vergleich der thermographischen Befunde mit der Blutsenkungsgeschwindig-

keit konnte nur in grober Annäherung eine Parallelität ergeben. Im akuten Stadium des Gelenkbefalls mit einer sehr starken Hyperthermie konnten wir eine durchschnittliche Senkungsbeschleunigung um Werte zwischen 40 - 80 mm in der ersten Stunde beobachten. ZIFF und BAUM halten die Beobachtung der Senkungsbeschleunigung für ein gutes Indiz der Aktivität des entzündlichen Prozesses. Wir konnten jedoch beobachten, daß Patienten, die synovektomiert wurden und keine deutliche Hyperthermie im Thermogramm boten, immer noch eine zwar erniedrigte, aber sich im pathologischen Bereich bewegend Senkungsreaktion zeigten. Die Thermographie bietet sich hier zur Verlaufskontrolle und zur Überprüfung des Therapieerfolges an. In diesem Zusammenhang konnten wir feststellen, daß die subjektiven Angaben des Patienten und die objektiv feststellbare Änderung des Bewegungsumfanges mit dem thermographischen Befund eher korrelieren als die üblichen Labormethoden.

Der Therapieerfolg der Synovektomie kann mit einiger Sicherheit erst nach Ablauf von mindestens zwei Monaten durch laufende thermographische Untersuchungen beurteilt werden. Die postoperative Hypervascularisation in der Incisionsstelle und die Wundheilungsphänomene können zu hyperthermen Arealen im Thermogramm führen, ohne daß am Erfolg der Therapie gezweifelt werden muß. Andere Unter-

suchungsergebnisse, die wir nach der Synovektomie objektivieren konnten, stehen im Einklang mit den in der Literatur berichteten Beobachtungen. GARIEPY und MITARBEITER geben Besserungsquoten von 79 % nach Synovektomie an. Wir konnten eine Temperaturabnahme bei 16 von 20 untersuchten Patienten beobachten.

Ein Vergleich mit den aus der Literatur zu entnehmenden Resultaten zeigt, daß nach der Behandlung mit Cortison und Butazolidin ebenfalls Besserungen eingetreten sind. Jedoch waren die Therapieerfolge und die thermographischen Befunde nicht so eindeutig wie bei der Synovektomie. Von 18 untersuchten Fällen zeigten 9 eine deutliche Temperaturabnahme. Bei 9 Patienten war der Befund nicht so eindeutig, daß von einer wesentlichen Besserung gesprochen werden könnte.

Die laufende Kontrolle der an PCP erkrankten Patienten hat gezeigt, daß bereits in einem sehr frühen Stadium der Erkrankung hypertherme Areale im Thermogramm nachweisbar sind. GOLDING beschreibt, daß im sehr frühen und akuten Stadium der Erkrankung die Synoviamembran verdickt, hyperämisch und ödematös ist. Sie proliferiert in Form von Zotten, die die Gelenkhöhle ausfüllen. Dieses pathologische Substrat ist der Ausdruck der oben beschrie-

benen Stoffwechselstörung. In diesem Sinne ist die Thermographie als funktionelle Methode in der Lage, im frühen Stadium der PCP pathologische Prozesse aufzuzeigen, bevor morphologische Veränderungen durch Röntgenbilder nachzuweisen sind.

Es ist wegen seiner differentialdiagnostischen und therapeutischen Konsequenz von erheblicher Bedeutung, die Schubsituation der progredient chronischen Polyarthritis zu erkennen und richtig zu deuten. BÖNI beschreibt den Beginn des akuten Schubs wie folgt: Zunahme der allgemeinen Symptome, wie Müdigkeit, subfebrile Temperaturen, verstärkter Nachtschweiß und Appetitlosigkeit. Hinzu kommen die Gelenksymptome

1. Massive Zunahme der Gelenkschwellung,
2. Überwärmung,
3. Subjektiv ausgesprochen heftiger Gelenkschmerz.

Unter Berücksichtigung der einsetzenden Erhöhung der Blutsenkungsgeschwindigkeit, des positiven C-reaktiven Proteins und der deutlichen Zunahme der Hyperthermie im thermographischen Bild ist eine gewisse Aussage über die Aktivität der PCP möglich. Damit dürfte der Prozeß um so aktiver sein, je ausgeprägter die hyperthermen Areale und je höher die Senkungsbeschleunigung ist.

Bei kritischer Anwendung der Thermographie als Zusatzdiagnostikum stellt diese Methode für den Gutachter eine gute Möglichkeit zur Objektivierung seiner Befunde dar. Für den Gutachter ist es immer unbefriedigend, wenn er für seine objektive Befunderhebung und -wertung auch subjektive Wertungen mit verwenden muß. Mit Hilfe der Thermographie ist eine genaue Aussage in gemessenen Gradeinheiten darüber möglich, ob in einem geschädigten Gebiet tatsächlich Hypo- oder Hyperthermie besteht und in welchem Ausmaß.

Zum Abschluß sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Thermographie nur dann brauchbare und verwertbare Resultate liefert, wenn die Versuchsbedingungen stets konstant bleiben. So müssen die Ursachen, die eine Änderung des peripheren Durchblutungsmaßes zur Folge haben, möglichst ausgeschlossen werden.

BARNES und TISELIUS weisen darauf hin, daß Versuchspersonen nach Nahrungsaufnahme andere Temperaturen aufweisen als im nüchternen Zustand. Ebenso wirkt sich der Genuß von Nikotin auf die periphere Blutzirkulation und damit auf die Temperatur aus. Systematische Fehler ergeben sich auch durch ungenaue oder unterschiedliche Einstellung der Empfindlichkeit des Gerätes, wie NILSSON 1969 beschrieb. Unterschiedliche Distanzen vom Unter-

suchungsobjekt zur Infrarotkamera zwischen zwei Aufnahmen können falsche Ergebnisse liefern. Dies geht auch aus den Studien von BORG 1967 hervor. Erst der Vergleich mehrerer unter konstanten Bedingungen angefertigter Aufnahmen kann zu einer sicheren Aussage führen, ob eine pathologische Hyperthermie oder Hypothermie besteht und in welchem Umfang.

#### VIII. ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit befaßt sich mit den Möglichkeiten und Grenzen der bildlichen Darstellung pathologischer Temperaturveränderungen an den Extremitätengelenken bei progredient chronischer Polyarthrititis. Der menschliche Körper emittiert infrarote Eigenstrahlung, die mit einem speziellen Infrarotdetektor in elektrische Signale umgewandelt und durch ein nachgeschaltetes Linsensystem auf eine photographische Platte übertragen werden kann.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 40 Patienten untersucht, die an chronisch progredienter Polyarthrititis

leiden. Dabei wurde festgestellt:

1. Die PCP in den Stadien I - III geht i m m e r mit einer Temperaturerhöhung einher, die in einem positiven Thermogramm nachgewiesen werden kann.
2. Im akuten Stadium der Erkrankung ist die Temperatur deutlich ( $2,5^{\circ}$  -  $4^{\circ}$  C) erhöht. Es wurde der Grad der Temperaturerhöhung mit Labormethoden und mit dem klinischen Erscheinungsbild verglichen.
3. Es hat sich gezeigt, daß die Thermographie keine spezielle Diagnose liefert, sondern n u r i m V e r g l e i c h m i t L a b o r u n d K l i n i k a l s Z u s t a n d s d i a g n o s t i k u m eine gewisse Aussage über Aktivität und Verlauf der Erkrankung liefert. Dabei konnte festgestellt werden, daß der Erkrankungsprozeß um so aktiver ist, je höher die Temperatur im Thermogramm war.
4. Durch laufende thermographische Untersuchung lassen sich Therapieverlauf und Therapieerfolg kontrollieren und dokumentieren.
5. Ebenso lassen sich spontane Remissionen durch Temperatursenkung nachweisen.
6. Dem Gutachter ermöglicht die Thermographie eine genaue Aussage darüber, ob in einem geschädigten Gebiet tatsächlich eine Hypo- oder Hyperthermie besteht und in welchem Ausmaß.



Abb. 1 a + b

Pat. B. H. 60 Jahre: Zustand vor (a) und nach (b)  
Synovektomie des rechten Mittelfingers.

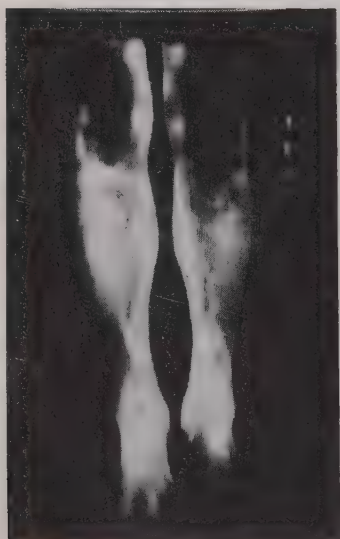


Abb. 2 a + b

Pat. G. R. 55 Jahre: Zustand vor (a) und nach (b) Goldtherapie.  
Abnahme der Hyperthermie in beiden Sprunggelenken



Abb. 3 a + b  
 Pat. T.R. 50 Jahre: Zustand vor (a) und nach (b) konservativer Therapie.



Abb. 4 a + b  
 Pat. W.R. 35 Jahre: Zustand vor (a) und nach (b) Synovektomie des linken Kniegelenkes.

## LITERATURVERZEICHNIS

- ASCHOFF, I. Untersuchungen über die Hauttemperatur  
in Relation zum Durchblutungsmaß.  
Münch. Med. Wschr. 1955
- BARMS, R. B. und GERSCHON-COHN, I. Unical Thermographie.  
J. of the Amer. Med. Assoc. 185, 949 (1963)
- BAUM, J., ZIFF, M. 75 Macroglobulin Antinuclear Fluorescens  
Factors in Systemic Lupus.  
Arthritis und Rheumatismus 5, 639 (1962)
- BECKMANN, L. Bilddarstellung von Oberflächentemperaturen  
mit Hilfe der infraroten Eigenstrahlung.  
(1966) Straßbourg
- BECKMANN, L. Electrol., Radiol. 48, (1967)
- BUCHMÜLLER, K. reff in Physikalische Grundlagen der Haut-  
thermometrie bei Strahlungsmessung im  
Ultraroten.  
Arch. für phys. Ther. 4 (1965)
- BRANEMARK, P. J. Electrol., Radiol. 48, 69 (1967)
- BÖNI, A. Die Klinik der PCP.  
Helvetica Medio Acta Suppl. 46, 106 (1959)
- BÜTTNER, H. Analysefehler und Kontrollmöglichkeiten  
im klinischen Laboratorium  
Method.-Inform. Med. 3/4, 105 (1964)
- BJÖRG, N.A. Electrol., Radiol. 48, 30. (1967)
- BUCHMÜLLER reff in BRAMIGK, F. : Über Messungen der  
Wärmestrahlung der menschlichen Haut und  
ihre Bedeutung.  
Dtsch. Arch. klin. Med. 144 (1924)
- COBET, R. und BRAMIGK, F. Über Messung der Wärmestrahlen  
der menschlichen Haut und ihre klinische  
Bedeutung.  
Dtsch. Arch. klin. Med. 1944 (1924)

- FÄHNDRICH, W. Bewegungstherapie bei PCP  
Arch. phys. Ther. 18 (1966)
- GARIEPY, W. reff in ZIELKE, A. et al. Ergebnisse der  
intraartikularen Behandlung mit kolloi-  
dalem Radiogold bei PCP. Beiträge zur  
Orthopädie und Traumatologie 1 (1967)
- GOLDING, J. Thermographie, Evaluation of Results of  
Synovectomy in Rheumatoid Knee Joints.  
Acta orthop. Scand. 40 (1969)
- HARRIS, reff in TISELIUS, P. Studies on Joint Temp.  
Acta Rheum. Scand. 14 (1969)
- HENKEL, L. , WATMOUGH, D. Die Thermographie in der Ortho-  
pädie.  
Z. Orthop. 106 (1969)
- HARDY, I. D. The Radiation of Heat from Human Body I.  
An Instrument for Measuring the Radiation  
of Surface Temperatur and of Skin.  
J. Clin. Invest. 13 & 1934)
- HARDY, I. D. The Radiation of Heat from Human Body II  
J. Clin. Invest. 13 (1934)
- HERSCHEL, C.F. W. reff in BARNES, R. B. Clinical Thermograph  
J. of the Amer. Med. Assoc. 185 (1963)
- KOOB, E. und SCHLEGEL, K. F. Die Bedeutung der Thermographie  
bei der Beurteilung und Behandlung der PCP.  
Beiträge zur Orthopädie 1 (1971)
- KROEBEL, W. Physikalische Grundlagen der Hauttempera-  
turmessung im Ultraroten.  
Arch. für phys. Pharm. 4 (1965)
- LAWSON, A.N. Thermographie a New Tool in the Investi-  
gation of Breast Lesions.  
Cand. Serv. Med. J. 13 (1957)
- LAAKSON, A.L. Thermography in Rheumatoid Arthritis,  
Acta Rheum. Scand. 16, 91 (1970)
- NILSSON, A. reff. in TISELIUS, P. Studies on Joint  
Temperatur.  
Acta Rheum. Scand. 14 (1969)

- PSCHORR, W. Thermographische Untersuchungen bei traumatischen Kniegelenkserkrankungen. Diss. in Vorbereitung, München.
- RAZGHA, R. reff in ZIELKE, A. Ergebnisse der intraartikulären Behandlung mit kolloidalem Radiogold bei progressiv chronischer Polyarthrititis. Beiträge zur Orthopädie und Traumatologie 1 (1971)
- SCHLEGEL, K. F. und KOOB, E. Die Bedeutung der Thermographie bei der Beurteilung und Behandlung der PCP. Beiträge zur Orthopädie und Traumatologie 1 (1971)
- STEINBROCKER, D. et al. Therapeutic criteria in rheumatoid arthritis. J. A. A. A. 140 (1957) 659
- SEIDEL, K. , REUTER, W. Ergebnisse der C-reaktiven Proteinbestimmung bei rheumatischen Erkrankung und ihre Korrelation zu anderen Serumuntersuchungsmethoden. Dtsch. Rheumaforschung 21 (1962) 79-88
- SCHUPP, E. K. Krankenblatt zur Erfassung und zur Verlaufskontrolle rheumatischer Erkrankungen. Geigy, Thomae, Biberach (1962)
- TISELIUS , P. Studies of Joint Temperatur, Joint stiffness and Muskel Weakness in Rheumatoid Arthritis. Acta Rheum. Scand. 16 (1970)
- VIITANEN, A. Thermography in Juvenil Rheumatoid Arthritis. Acta Rheum. Scand. 16 (1970)
- WOLFE, W. L. Infrared Imaging Deviees in Infrared, Medical Radiography. Ann. of the N. Y. Acad. Sci. 121 (1964)
- ZIFF, M. BAUM, J. Laboratorie Findings in Rheumatoid Arthritis, Hollander J. L.: Verlag Lea and Febiger, 7 (1966)
- ZSELYONKA, L. reff. in Ergebnisse der intraartikulären Behandlung mit kolloidalem Radiogold bei rheumatischen Erkrankungen. Beiträge zur Orthopädie und Traumatologie 1 (1971)

## Lebenslauf

Ich, Franz Helge Thalmann, bin als erster Sohn des Facharztes für Kieferchirurgie Dr. med. E. Thalmann und der Zahnärztin Frau Gertrud Thalmann, geb. Pelléns, am 25. 7. 1944 in Gotha geboren.

Nach Absolvierung der Grundschulzeit bestand ich 1955 die Aufnahmeprüfung zum humanistischen Wilhelm-Gymnasium zu Braunschweig und dort 1965 das Abitur. 1965 nahm ich das Studium der Humanmedizin an der Universität zu München auf. 1966 Vorphysikum, 1968/69 Physikum. Im Juni 1971 bestand ich das medizinische Staatsexamen in München.

Vom 1. 11. 1971 bis 29. 2. 1972 habe ich die chirurgische Medizinalassistentenzeit abgeleistet. Seit dem 1. 3. 1972 befinde ich mich als Medizinalassistent an der II. Medizinischen Universitätsklinik in München.

Herrn Professor Dr. Karl Viernstein danke ich für  
die Überlassung des Themas für diese Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. W. Keyl,  
Facharzt für Orthopädie, für die freundliche Unter-  
stützung während der Arbeit.







